



# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



GH  
8-26-97  
RA

## Bescheinigung

Die euramik electronics gmbh in Eschenbach/Deutschland  
hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Keramik-Substrat sowie Verfahren zu seiner  
Herstellung"

am 2. Februar 1996 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue  
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-  
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol  
C 04 B 41/87 der Internationalen Patentklassifikation erhal-  
ten.

München, den 4. Februar 1997

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Aktenzeichen: 196 03 822.7

Hiebinger

PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. A. Wasmeier

Dipl.-Ing. H. Graf

Zugelassen beim Europäischen Patentamt • Professional Representatives before the European Patent Office

Patentanwälte Postfach 10 08 26 93008 Regensburg

Deutsches Patentamt  
Zweibrückenstr. 12

80297 München

D-93008 REGENSBURG  
POSTFACH 10 08 26

D-93055 REGENSBURG  
GREFLINGERSTRASSE 7

Telefon (0941) 79 20 85

(0941) 79 20 86

Telefax (0941) 79 51 06

Telegramm Begpatent Rgb.

Ihr Zeichen  
Your Ref.

Ihre Nachricht  
Your Letter

Unser Zeichen  
Our Ref.

Datum  
Date

Sch/p 16930

02. Februar 1996

gr-ra

196 02 822.7



Anmelder:

Curamik electronics gmbh

Am Stadtwald 2

92676 Eschenbach

Titel:

Keramik-Substrat sowie Verfahren zu seiner Herstellung

### Patentansprüche

1. Substrat mit wenigstens einer Schicht (5) im wesentlichen aus Aluminiumnitrid ( $\text{Al N}$ ), die an wenigstens einer Oberflächenseite mit einer Zwischen- oder Hilfsschicht (6, 6a, 6b) versehen ist, die Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2 \text{O}_3$ ) enthält und eine Dicke im Bereich von etwa 0,5 - 10 Micrometer aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Zwischenschicht (6, 6a, 6b) als Zusatz 0,05-44 Gewichtsprozent wenigstens eines Kupferoxids enthalten sind.
2. Substrat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Kupferoxid in dem an die Schicht (5) aus Aluminiumnitrid anschließenden Bereich (6) der Zwischenschicht (6a) angereichert ist.
3. Substrat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (6a) aus einer an die Schicht aus Aluminiumnitrid unmittelbar anschließenden ersten Schicht aus Aluminiumoxid, die den Anteil an Kupferoxid enthält, sowie aus einer daran anschließenden zweiten Aluminiumoxid-Schicht (7') besteht, die keinen Anteil oder im wesentlichen keinen Anteil an Kupfer oder Kupferoxid enthält.
4. Substrat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentration an Kupferoxid in der Zwischenschicht (6a) mit zunehmendem Abstand von der Schicht (5) aus Aluminiumnitrid abnimmt.
5. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Kupferoxid in der Zwischenschicht (6b) in Cluster gleichmäßig verteilt vorgesehen ist, wobei die Cluster vorzugsweise einen Durchmesser kleiner als etwa 0,01 Micrometer aufweisen.
6. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Kupferoxid im Aluminiumoxid als Kupfer-Aluminium-Spinell ( $\text{Cu Al}_2\text{O}_4$  oder  $\text{Cu AlO}$ )

vorliegt.

7. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (5) aus Aluminiumnitrid wenigstens einseitig über die dortige Zwischenschicht (6, 6a, 6b) mit einer Kupferschicht oder Metallisierung (8), vorzugsweise mit einer 0,1 - 0,8 mm dicken Kupferschicht flächig verbunden ist.
8. Substrat nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupferschicht (8) über eine sauerstoffreiche Kupferphase (9), vorzugsweise über eine sauerstoffreiche Kupferphase mit einer Dicke von mindestens 3 Micrometer mit der einen Seite der Schicht (5) aus Aluminiumnitrid bzw. mit der dortigen Zwischenschicht (6, 6a, 6b) verbunden ist.
9. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Schicht (5) aus Aluminiumnitrid etwa 0,5 - 6 Gewichtsprozent CaO oder ein anderes Bindemittel enthält.
10. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Bindemittel ebenfalls in der Zwischenschicht vorhanden ist.
11. Substrat nach einem der Ansprüche 1 - 10, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Kupferschicht (8) auf die wenigstens eine Seite der wenigstens einen Schicht (5) aus Aluminiumnitrid bzw. auf die dortige Zwischenschicht (6, 6a, 6b) im DCB-Prozeß aufgebracht ist.
12. Verfahren zum Herstellen eines Substrates mit wenigstens einer Schicht (5) aus Aluminiumnitrid-Keramik, bei dem (Verfahren) auf wenigstens eine Seite dieser Schicht (5) eine Hilfs- oder Zwischenschicht (6, 6a, 6b) aus Aluminiumoxid aufgebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Aufbringen der Zwischenschicht (6, 6a, 6b) unter Verwendung eines kupferoxidhaltigen Materials, derart erfolgt, daß die Zwischenschicht zumindest in einem Teil ihrer Dicke einen Anteil an Kupferoxid von etwa 0,05 - 44

Gewichtsprozent enthält.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (5) aus Aluminiumnitrid zunächst an wenigstens einer Oberflächenseite mit einer etwa  $1,5 \times 10^{-4}$  bis  $1200 \times 10^{-4}$  Micrometer dicken Schicht aus Kupfer oder aus Kupferoxid oder aus anderen kupferhaltigen Verbindungen versehen und anschließend bei einer Temperatur zwischen etwa 800 - 1300 °C in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre solange behandelt wird, bis sich die Zwischenschicht mit der gewünschten Dicke gebildet hat.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung in der sauerstoffhaltigen Atmosphäre solange erfolgt, bis sich für die jeweilige Zwischenschicht (6, 6a, 6b) eine Schichtdicke von etwa 0,5 - 10 Micrometer eingestellt hat.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Aluminiumnitrid in sauerstoffhaltiger Atmosphäre behandelt, gleichzeitig Kupferoxid haltiges Material über die Gasphase zur Reaktion mit dem sich bildenden Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) gebracht wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Behandlung in der sauerstoffhaltigen Atmosphäre mit einem Anteil an dampfförmigen Kupferoxid solange erfolgt bis sich eine Schichtdicke von 0,5 - 10 Micrometer eingestellt hat.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 - 16, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Herstellen der wenigstens einen Zwischenschicht (6, 6a, 6b) auf dieser eine Metallschicht (8) unter Verwendung einer oxidierten Metall- oder Kupferfolie sowie unter Verwendung des DCB-Prozesses flächig befestigt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 - 17, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Schicht (5) aus Aluminiumoxid-Keramik beidseitig mit jeweils einer Zwischenschicht (6, 6a, 6b) versehen wird, und daß auf beiden Zwischenschichten jeweils unter Verwendung

des DCB-Prozesses eine Metall- oder Kupferschicht aufgebracht wird.

## **Keramik-Substrat sowie Verfahren zu seiner Herstellung**

Die Erfindung bezieht sich auf ein Keramik-Substrat gemäß Oberbegriff Patentanspruch 1 sowie auf ein Verfahren gemäß Oberbegriff Patentanspruch 12.

Keramik-Substrate für elektrische Schaltkreise oder Baugruppen, insbesondere für Leistungsschaltkreise oder Baugruppen sind in den unterschiedlichsten Ausführungen bekannt. Bekannt ist hierbei insbesondere auch, die zum Herstellen von Leiterbahnen, Anschlüssen usw. benötigte Metallisierung auf einer Aluminiumoxid-Keramik mit Hilfe des sogenannten „DCB-Verfahrens“ (Direct-Copper-Bond-Technology) herzustellen, und zwar unter Verwendung von die Metallisierung bildenden, an ihren Oberflächen oxidierten Kupferfolien. Die Kupferoxidschicht dieser Folien bildet ein Eutektikum mit einer Schmelztemperatur unter der Schmelztemperatur des Kupfers, so daß durch Auflegen der Folien auf die Keramik und durch Erhitzen sämtlicher Schichten diese miteinander verbunden werden können, und zwar durch Aufschmelzen des Kupfers im wesentlichen nur im Bereich der Oxidschicht.

Vielfach wird insbesondere auch bei Leistungsschaltkreisen die Verwendung einer Aluminiumnitrid-Keramik anstelle ein Aluminiumoxid-Keramik angestrebt, und zwar wegen der im Vergleich zur Aluminiumoxid-Keramik höheren Wärmeleitfähigkeit der Aluminiumnitrid-Keramik.

Grundsätzlich nachteilig ist hier aber, daß der übliche und bewährte DCB-Prozeß bei Aluminiumnitrid-Keramiken nicht ohne weiteres anwendbar ist.

Es wurde daher bereits vorgeschlagen, auf die Schicht aus der Aluminiumnitrid-Keramik zunächst eine Schicht aus Aluminiumoxid aufzubringen, und zwar derart, daß diese Zwischen- oder Hilfsschicht, die ein Aufbringen der Metallisierung bzw. der Kupferschicht mit Hilfe des DCB-Prozesses ermöglichen soll, an ihrer freiliegenden Oberfläche noch eine die Haftung verbessernde Rauigkeit aufweist (DE-OS 35 34 886).

Weiterhin wurde vorgeschlagen, auf ein Ausgangssubstrat oder einen Trägerkörper aus Aluminiumnitrid eine Aluminiumoxydschicht aufzubringen, und zwar insbesondere durch Flamspritzen eines Aluminiumoxydpulvers oder aber im Siebdruckverfahren (DE-OS 38 44 264).

Nachteilig ist bei allen diesen bekannten Verfahren, daß trotz des Aufbringens der Hilfs- oder Zwischenschicht aus Aluminiumoxid eine einwandfreie, homogene und keine Fehlstellen aufweisende flächige Verbindung zwischen der Schicht aus der Aluminiumnitrid-Keramik und der Metallisierung im DCB-Prozeß nicht erreicht wird, es vielmehr zu zahlreichen Fehlstellen kommt, d. h. zu Bereichen, an denen eine Verbindung nicht zustandegekommen ist oder aber sich die Metallisierung durch Blasenbildung von der Keramik abgehoben hat. Hiermit werden die Haftfestigkeit der Metallisierungen und die Wäremleitfähigkeit des Substrates insgesamt stark beeinträchtigt.

Zur Verbesserung der Haftfestigkeit bzw. der Bond-Qualität, d.h. zur Reduzierung des Blasenanteils ist in der DE 41 04 860.1 vorgeschlagen, die Oxidation des Aluminiumnitrids (AlN) zur Ausbildung der Zwischenschicht aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) in einer wasserdampffreien Sauerstoffatmosphäre durchzuführen.

In der WO 92/11 113 wird dagegen vorgeschlagen, für die Bildung der Zwischenschicht aus Aluminiumoxid das Aluminiumnitrid unter wasserdampfhaltiger Atmosphäre zu oxidieren und gesteuert abzukühlen.

In der JP 02-124 773 A (In Patents Abstracts of Japan C - 743, Vol. 14/No. 342) wird vorgeschlagen, durch den Einbau von CaO und  $\text{SiO}_2$  in die Schicht aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) die Haftfestigkeit der Metallisierung zu erhöhen, wobei CaO und  $\text{SiO}_2$  aus den Sinterhilfsmitteln des Körpers aus Aluminiumnitrid (AlN) stammen.

Ein Nachteil der vorgenannten bekannten Verfahren besteht u.a. darin, daß die Prozeßparameter sehr genau eingehalten werden müssen und sich diese Verfahren



insbesondere auch nicht auf hochwärmeleitendes Aluminiumnitrid anwenden lassen, welches Yttrimoxid ( $Y_2O_3$ ) als Sinterhilfsmittel enthält.

In der JP 03-228 885 A (Patent Abstracts of Japan C-890, Vol. 16/No. 1) wird zur Erhöhung der Haftfestigkeit vorgeschlagen, die Aluminiumoxid-Schichten mit einem oder mehreren Elementen der Gruppe aus Ti, V, Mo, Nb, W, Co oder Ni zu dotieren.

In der WO 92/11 113 wird auf eine Veröffentlichung von Kuromitsu et al verwiesen, die sich mit  $SiO_2$ - $Al_2O_3$ -Zwischenschichten zur Erhöhung der Haftfestigkeit befaßt.

In umfangreichen eigenen Untersuchungen, konnten aber die beschriebenen Ergebnisse der vorgenannten bekannten Verfahren nicht bestätigt werden. Es ist offenbar so, daß die Prozeßparameter derart genau gesteuert werden müssen, daß sich bereits bei geringen Abweichungen negative Resultate einstellen.

Der in der WO 92/11 113 zitierte Einbau von  $SiO_2$  bedingt darüber hinaus auch die Gefahr, daß  $SiO_2$  nicht als Mullit gebundenes, sondern als freies  $SiO_2$  vorliegt, welches bei der eutektischen Temperatur mit Kupferoxid zu einer flüssigen Phase reagiert und das für den DCB-Prozeß notwendige Cu-Cu<sub>2</sub>O-Eutektikum verbraucht, womit die Haftfestigkeit bzw. Bond-Qualität stark reduziert würden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Keramiksubstrat sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung aufzuzeigen, welches die vorgenannten Nachteile vermeidet und es ermöglicht, eine Metallisierung auf eine Aluminiumnitrid-Keramik großflächig ohne Fehlstellen aufzubringen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Substrat entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 und ein Verfahren entsprechend dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 12 ausgebildet.

Die Besonderheit der Erfindung besteht u.a. darin, daß die auf die Aluminiumnitridschicht aufgebrachte Zwischenschicht einen Anteil an Kupferoxid enthält, welches abgebunden in Form eines Spinells z.B. als  $\text{CuAl}_2\text{O}_4$  vorliegt. Durch den Anteil an Kupferoxid ergibt sich in überraschender Weise eine erhebliche Verdichtung der Zwischen- oder Zwischenschicht aus Aluminiumoxid, so daß eine für die Fehlstellen und Blasenbildung beim Stand der Technik verantwortliche Diffusion von Stickstoff durch die Zwischenschicht wirksam vermieden wird. Nach einer der Erfindung zugrunde liegenden Erkenntnis ist die erhöhte Dichtigkeit darauf zurückzuführen, daß durch den Zusatz von Kupferoxid in der Zwischen- oder Hilfsschicht diejenigen Temperaturänderungen, die ein Substrat bei den üblichen Verfahren unvermeidbar erfährt, nicht zu Rissen oder dergl. Undichtigkeiten in dieser Zwischenschicht führen können. Hierdurch ist ein Gasdurchtritt durch diese Schicht und damit insbesondere beim DCB-Prozeß auch die die Fehlstellung Blasen verursachende Reaktion des Aluminiumnitrids mit dem Sauerstoff des Kupferoxids der beim DCB-Prozeß verwendeten Kupferfolien wirksam vermieden. Im Vergleich zur reinen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schicht wird darüber hinaus bei der Erfindung die Reagierbarkeit der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CuAl}_2\text{O}_4$ -Zwischenschicht mit dem flüssigem Cu-Cu<sub>2</sub>O-Eutektikum während des DCB-Prozesses wesentlich verbessert.

Nach der der Erfindung zugrunde liegenden Erkenntnis ist die erhöhte Dichtigkeit auf die Reduzierung des Porenvolumens und die Verhinderung von Rißbildungen bei den notwendigerweise auftretenden Temperaturänderungen, die ein Substrat bei dem üblichen Verfahren erfährt, als Folge des Einbaus von Kupferoxid in die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Phase zurückzuführen.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Erfindung wird in Folgenden anhand der Figuren 1 - 5, die jeweils in vereinfachter Darstellung und im Schnitt verschiedene mögliche Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Substrates wiedergeben, näher erläutert.

In den Figuren ist 1 ein Ausgangssubstrat oder eine Schicht aus einer Aluminium-Nitrid-Keramik (Al N).

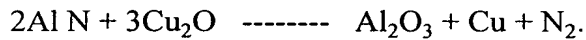
Bei der für die Figur 1 angenommenen Ausführungsformen soll dieses Ausgangssubstrat 1 beidseitig mit Hilfe des dem Fachmann bekannten DCB-Verfahrens jeweils mit einer Metallisierung, d.h. mit einer dünnen Kupferschicht oder -folie 2 versehen werden, wobei jede Kupferfolie 2 an beiden Oberflächenseiten jeweils oxidiert ist, d.h. aus einen Kern 3 aus Kupfer (Cu) und aus einer dünnen Kupferoxidschicht 4 ( $\text{Cu}_2\text{O}$  /  $\text{CuO}$ ) an beiden Oberflächenseiten besteht. Der Kern 3 besitzt dabei eine wesentlich größere Dicke als jede der beiden Oxidschichten 4.

Um die Kupferschichten 2 mit Hilfe des DCB-Prozesses mit dem Ausgangssubstrat 1 verbinden zu können, weist dieses bei der in der Figur 1 wiedergegebenen Ausführungsform zusätzlich zu dem Kern 5 aus der Aluminiumnitrit-Keramik (AlN) an beiden Oberflächenseiten eine Schicht 6 auf, die aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) besteht und die einen Anteil an Kupferoxid ( $\text{Cu}_2\text{O}$  /  $\text{CuO}$ ) enthält, und zwar in der Größenordnung zwischen 0,05 bis 44 Gewichtsprozent. Die Dicke der Schichten 6 ist wesentlich kleiner als die Dicke des Kernes 5 und liegt jeweils in der Größenordnung zwischen 0,5 und 10 Micrometer.

Es hat sich gezeigt, daß erst durch den Anteil an Kupferoxid in der Zwischenschicht 6 eine homogene Verbindung des Ausgangssubstrates 1 mit den Kupferschichten 2 mit Hilfe des DCB-Prozesses möglich ist, d.h. insbesondere eine ganzflächige Verbindung ohne Fehlstellen, d.h. ohne Bereiche, an denen die Verbindung zwischen der jeweiligen Kupferschicht 2 und dem Ausgangssubstrates 1 nicht zustandegekommen oder durch Blasenbildung gestört ist.

Wie vorstehend bereits ausgeführt wurde, ist dies nach der der Erfindung zugrundeliegenden Erkenntnis nur dann erreichbar, wenn die für die Durchführung des DCB-Prozesses grundsätzlich notwendigen Zwischenschichten 6 aus Aluminiumoxid-Keramik ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) den vorstehend genannten Anteil an Kupferoxid aufweisen, da sich in den üblichen Verfahrensschritten erhebliche Temperaturänderungen des Ausgangssubstrates insbesondere auch nach dem Aufbringen der Zwischenschichten 6 und während des DCB-Prozesses nicht vermeiden lassen. Diese Temperaturschwankungen führen nach der der Erfindung zugrundeliegenden Erkenntnis beim Fehlen von Kupferoxid in den Zwischenschichten 6 dort zu Rissen oder Undichtigkeiten mit der Folge, daß im Bereich solcher Undichtigkeiten das

Aluminium-Nitrid des Kernes 5 direkt mit dem Kupferoxid der Oxidschichten 4 reagiert, ohne daß es zu der gewünschten Verbindung zwischen dem Ausgangssubstrat 1 und den Kupferschichten kommt, vielmehr Stickstoff freigesetzt wird mit der Folge einer Blasenbildung zwischen der jeweiligen Kupferschicht 2 und dem Ausgangssubstrat, und zwar entsprechend der nachfolgenden Reaktionsgleichung:



Durch den in die Zwischenschichten 6 eingelagerten Anteil an Kupferoxid wird in überraschender Weise eine Verdichtung der Zwischenschichten 6 in der Form erreicht, daß derartige Undichtigkeiten oder Risse bei den im Verfahren unvermeidlichen Temperaturunterschieden in den Zwischenschichten 6 und die hiermit verbundenen Nachteile nicht auftreten.

Da die Dicke der Zwischenschichten 6 in der Größenordnung zwischen 0,5 und 10 Micrometer liegt, sind diese Zwischenschichten zwar für eine zuverlässige Verbindung des Ausgangssubstrates mit den Kupferschichten 2 ausreichend, der besondere Vorteil des Aluminiumnitrits, nämlich die im Vergleich zur Aluminiumoxid-Keramik wesentlich verbesserte Wärmeleitfähigkeit, wird insgesamt aber nicht beeinträchtigt.

Das Ausgangssubstrat kann beispielsweise so hergestellt werden, daß auf dem Kern 5 aus Aluminiumnitrid (Al N) beidseitig jeweils eine sehr dünne Schicht, d.h. eine Schicht mit einer Dicke von etwa  $1,5 \times 10^{-4}$  bis  $1200 \times 10^{-4}$  Micrometer, aus Kupfer oder aus Kupferoxid oder aus entsprechenden Ionen anderer kupferhaltiger Verbindungen aufgebracht wird und danach dieser Kern 5 bei einer Temperatur im Bereich zwischen etwa 800 - 1300° C, vorzugsweise bei einer Temperatur von 1200°C, in oxidierender Atmosphäre behandelt wird.

Für die Herstellung des Ausgangssubstrates eignen sich beispielsweise die folgenden Verfahren:

### **Beispiel 1**

Ein AlN-Substrat bestehend aus ca. 96% AlN und mit einem Anteil von ca. 4%  $Y_2O_3$ , mit einer Dicke von 0,63 mm und mit den Abmessungen von 108 x 108 mm wird folgenden Verfahrensschritten unterzogen:

1. Reinigen des Substrates durch Plasmaätzen;
2. Aufbringen einer gleichmäßigen Kupferschicht durch Spattern auf beide Seiten des gereinigten Substrates mit jeweils einer Gesamtmenge von 1,3 mg Kupfer;
3. Aufheizen des Substrates in einer Atmosphäre, die  $N_2$  und  $O_2$  in einem Anteil von 20:80 enthält auf eine Temperatur von etwa 1280°C;
4. Halten des Substrates bei der Temperatur von 1280°C für 30 Minuten;
5. Abkühlen auf Raumtemperatur;
6. Oxidieren eines Kupferbleches mit den Abmessungen 100 x 100 mm und einer Dicke von 0,3 mm derart, daß sich eine gleichmäßige Kupferoxidschicht von ca. 0,8 Micrometer Dicke ergibt;
7. Auflegen des Kupferbleches auf das in den Schritten 1 - 5 behandelte AlN-Substrat;
8. Erhitzen des Verbundes Substrat und Kupferblech auf 1071°C in einer Gasatmosphäre bestehend aus Stickstoff mit einem Sauerstoffanteil von  $40 \times 10^{-6}$ ;
9. Halten des Verbundes auf der Temperatur für 2,5 Minuten;
10. Abkühlen auf Raumtemperatur.

Es wird ein Substrat aus AlN mit einer Zwischenschicht aus  $Al_2O_3$  und  $CuAl_2O_4$  und einer fest verbundenen Kupferschicht mit einer Peelfestigkeit größer als 50 N/mm erhalten.

**Beispiel 2:**

Ein AlN-Substrat bestehend aus ca. 96% AlN und mit einem Anteil von ca. 4%  $Y_2O_3$ , mit einer Dicke von 0,63 mm und mit den Abmessungen von 108 x 108 mm wird folgenden Verfahrensschritten unterzogen:

1. Reinigen des Aluminiumsubstrates mit Ultraschall in deionisiertem Wasser;
2. Stromlose Abscheidung von Kupfer mit einem handelsüblichen Bad solange, bis sich insgesamt eine Menge von 1,8 mg Kupfer auf jeder Seite des Substrates abgeschieden hat;
3. Es folgen dann die Verfahrensschritte 3 - 10 des Beispiels 1.

**Beispiel 3:**

Ein AlN-Substrat bestehend aus ca. 96% AlN und mit einem Anteil von ca. 4%  $Y_2O_3$ , mit einer Dicke von 0,63 mm und mit den Abmessungen von 108 x 108 mm wird folgenden Verfahrensschritten unterzogen:

1. Reinigen des AlN-Substrats mit Ultraschall in deionisiertem Wasser;
2. Aufheizen des Substrates in einem Röhrenofen auf 1230°C in einer Sauerstoff und Kupferoxid haltigen Stickstoffatmosphäre, die durch Leiten eines Sauerstoff-Stickstoff-Gemisches (mit einem Sauerstoff-Stickstoff-Verhältnis von 20:80) über ein auf 1 750°C erhitztes Kupferoxid entsteht;
3. Halten bei 1230°C für 45 Minuten;
4. Weiter wie Verfahrensschritte 5 - 10 bei obigen Beispiel 1.

Für die Herstellung der  $Al_2O_3$ - $CuAl_2O_4$ -Zwischenschicht sind weitere Verfahren zum Aufbringen von kupferhaltigen Materialien möglich, wie beispielsweise Siebdrucken, Beschichten, Tauchen in Lösungen usw.

Auch für das Anbringen von Kupfer während der AlN-Oxidationsphase sind weitere Verfahren, insbesondere physikalische Verfahren, wie z.B. Spattern von CuO bei Temperaturen zwischen 800 und 1300°C denkbar. Auch hier ist wesentlich die Ausbildung einer  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{CuAl}_2\text{O}_4$ -Zwischenschicht.

Mit diesen vorgenannten Verfahren erhält man das Ausgangssubstrat 1 mit dem Kern 5 aus AlN und den dichten Zwischenschichten 6 aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und Kupferoxid. Das Verhältnis von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  zu Kupferoxid läßt sich durch die Schichtdicke des zuvor aufgetragenen Kupfers oder Kupferoxids in Kombination mit der Brenntemperatur und Brenndauer variieren.

Die Figur 2 zeigt ein Ausgangssubstrat 1a, welches sich von dem Ausgangssubstrat der Figur 1 dadurch unterscheidet, daß die dortigen Zwischenschichten 6a zusätzlich zu den unmittelbar an den Kern 5 anschließenden Schichten 7 aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit dem Anteil an Kupferoxid noch eine weitere auf jede dieser Schichten 7 aufgetragene Schicht 7' aufweisen, die ausschließlich aus Aluminiumoxid-Keramik ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) besteht. Dieses in der Figur 2 wiedergegebene Ausgangssubstrat 1a läßt sich mit den einem Fachmann geläufigen Techniken erreichen, beispielsweise durch zusätzliches Aufbringen oder Aufspritzen der Schichten 7' im Plasma.

Figur 3 zeigt ein Ausgangssubstrat 1b, welches sich von dem Ausgangssubstrat der Figur 1 dadurch unterscheidet, daß beim Ausgangssubstrat 1b in den dortigen Zwischenschichten 6b das Kupferoxid in kleinen Clustern, die einen Durchmesser kleiner als 0,01 Micrometer aufweisen, im Aluminiumoxid gleichmäßig verteilt vorgesehen sind.

Figur 4 zeigt im Schnitt ein Substrat, welches beispielsweise aus dem Ausgangssubstrat 1 unter Verwendung der beiden Kupferschichten 2 hergestellt ist. Dementsprechend besitzt dieses Substrat den Kern 5 aus AlN, der beidseitig mit jeweils einer Zwischenschicht 6 versehen ist, auf der dann an beiden Oberflächenseiten des Substrates 1c eine Metallisierung 8 mit Hilfe des DCB-Prozesses großflächig aufgebracht ist.

Die Figur 5 zeigt schließlich ein Substrat 1d, welches sich von dem Substrat 1c im wesentlichen nur dadurch unterscheidet, daß die für die Herstellung der Metallisierung 8 verwendeten

Kupferfolien an ihren Oberflächenseiten eine besonders sauerstoffreiche Kupferphase, d.h. eine Oxydschicht mit besonders großer Dicke, beispielsweise mit einer Dicke von mindestens 3 Micrometer aufwiesen, so daß zwischen der Zwischenschicht 6 und jeder Kupferschicht 8 noch eine Schicht 9 vorhanden ist, die Kupfer und Kupferoxid ( $\text{Cu} + \text{Cu}_2\text{O}$ ) enthält.

Die Erfindung wurde voranstehend an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht sich, daß zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne daß dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird. So ist es unter Verwendung der vorbeschriebenen Technik insbesondere möglich, Substrate herzustellen, die nur an einer Seite der Aluminiumnitrid-Keramik eine Metallisierung aufweisen und/oder solche Substrate herzustellen, die eine Vielzahl von Metallschichten mit dazwischenliegenden Keramikschichten besitzen, von denen zumindest ein Teil dann von der mit den Zwischenschichten 6 oder 6b versehenen Aluminiumnitrid-Keramik gebildet ist



**Bezugszeichenliste**

1	Ausgangssubstrat
2	Kupferfolie oder Kupferschicht
3	Kern
4	Oxidschicht
5	Kern
6	Zwischenschicht
7	Zwischenschicht
8	Metallisierung
9	Kupfer-Kupferoxid-Schicht

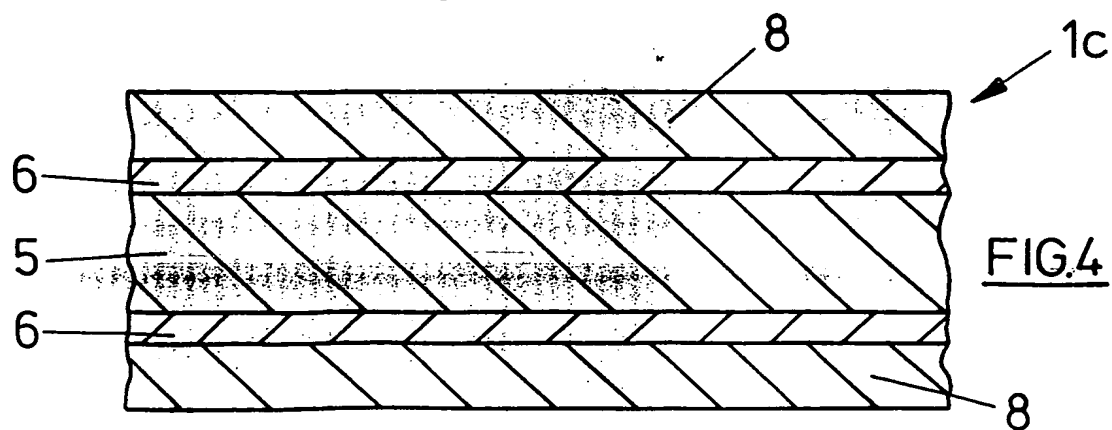
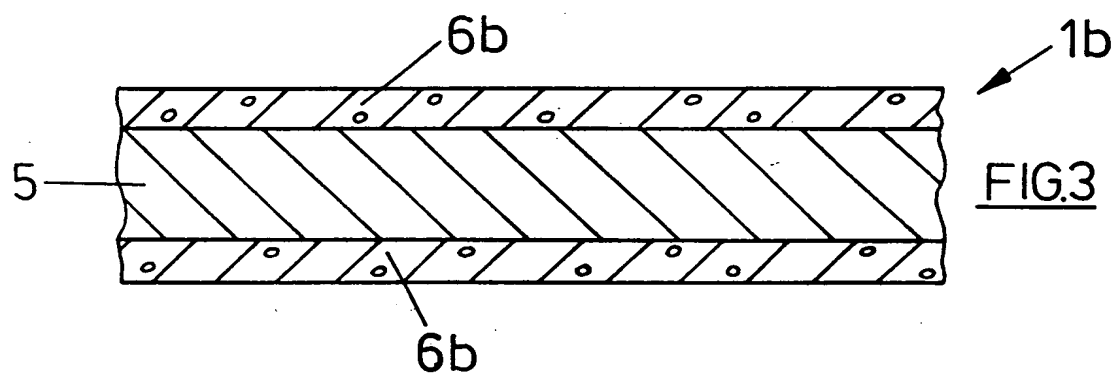
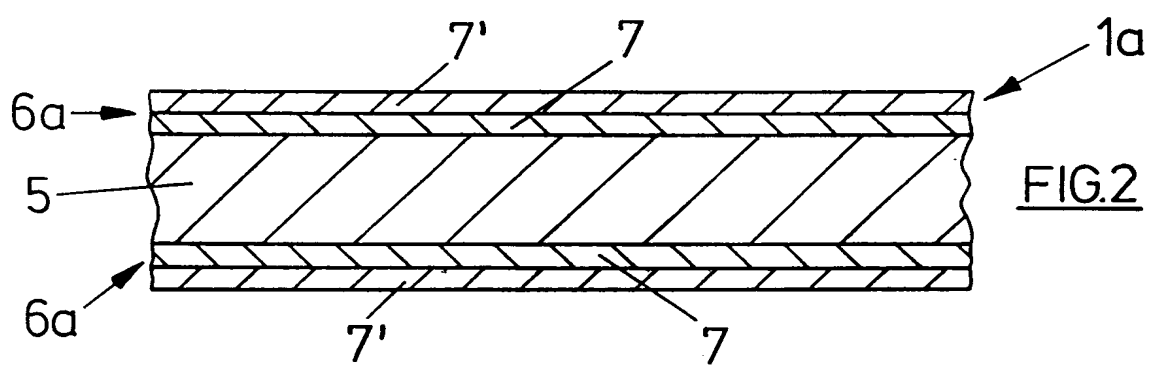
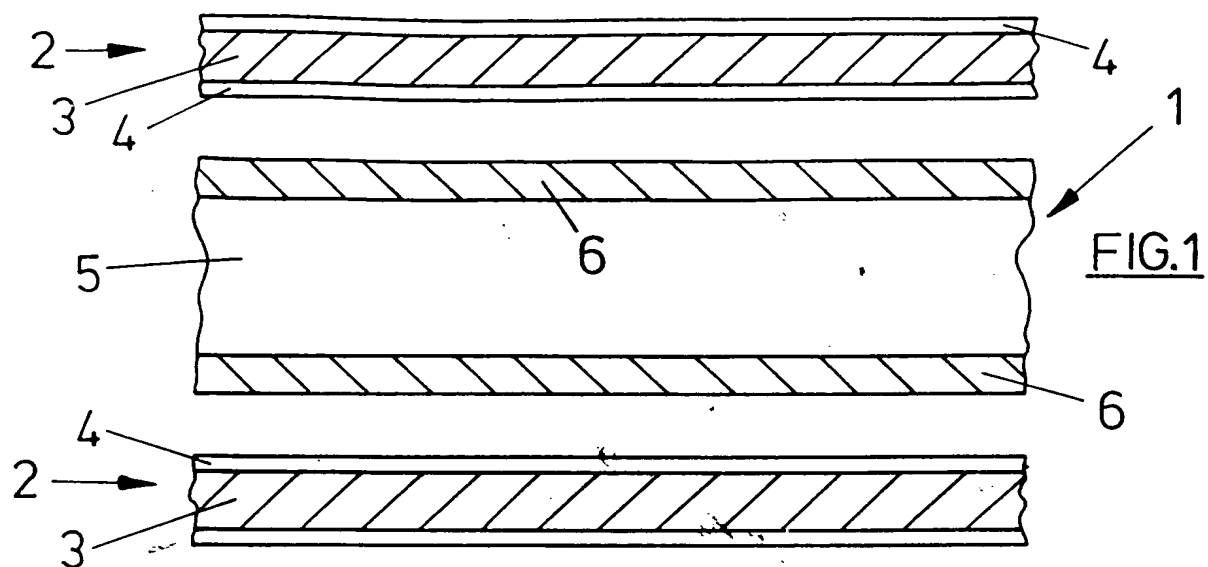


FIG.5

